

## ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСИИ ВОЛОКОННОГО СВЕТОВОДА НА КАЧЕСТВО ПРИЁМА ЗАШУМЛЁННОГО ФРАКТАЛЬНОГО ИМПУЛЬСА

*Я.Э. Барковский, Г.С. Малышев, А.С. Раевский*

(г. Нижний Новгород, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, raevsky@nntu.nnov.ru)

## INFLUENCE OF OPTICAL WAVEGUIDE DISPERSION ON QUALITY OF NOISY RECEIVING FRACTAL PULSE

*J. E. Barkovsky, G.S. Malishev, A.S. Raevskii*

В настоящее время разработаны специальные средства незаметного считывания информации с волоконно – оптических линий передачи данных. В связи с этим необходимо применять специальные методы защиты передаваемой по ВС информации. Одним из подходов к решению данной задачи является применение фрактальных сигналов, имеющих шумоподобную структуру. Благодаря такой структуре они незаметны на фоне шумов, что делает невозможным детектирование информационной посылки по максимуму интенсивности импульса. Для выделения таких импульсов необходимо применять цифровые методы очистки от шума. Однако эффективно продетектировать очищенный импульс можно лишь в том случае, если априори известна структура самого фрактального сигнала. Именно эти преимущества фракталов обеспечивают высокую скрытность передаваемой информации.

Первоначально эти сигналы использовались только в открытых каналах связи, так как организовать скрытное считывание данных в таких каналах не составит труда. Волоконно - оптические линии связи являются закрытыми каналами передачи, поэтому ранее считалось, что организовать незаметный съём информации с таких линий практически невозможно. Однако в связи с появлением высокочувствительных оптических приёмников появилась возможность детектировать оптические сигналы малой интенсивности. Это позволяет незаметно считывать информацию с оптических линий связи [1].

Сами получатели информации, которым известны все параметры фрактального импульса, способны без труда организовать цифровой приём данных. При этом в случае передачи информации по ВС, предполагается дополнительное искусственное зашумление фрактальных оптических импульсов. Однако в ВС существенную роль будет играть эффект дисперсии, что требует внесения специальных корректировок в алгоритм выделения информационных импульсов из шума. В докладе рассматривается оптическая линия связи, в которой на основе фрактальных импульсов типа  $FUWB_1$  и  $FUWB_2$  [2] организована скрытая передача данных, обсуждается вопрос эффективного детектирования оптического импульса на фоне искусственных шумов при наличии эффектов дисперсии.

Одним из эффективных методов предотвращения несанкционированного доступа к информации является криптографическое шифрование данных. Однако при таком подходе подразумевается, что факт наличия в канале связи передаваемого сообщения заранее известен злоумышленнику. В результате вопрос защиты информации сводится к выбору криптостойкого шифрования, что само по себе является сложной задачей. В то же время можно пойти по другому пути, а именно, скрыть от злоумышленника сам факт передачи информации. Для этого необходимо использовать сигналы, имеющие шумоподобный характер. Таковыми сигналами являются фрактальные сигналы. Для генерирования фрактальных сигналов используются программируемые генераторы [3]. Временная реализация сигнала задаётся в виде массива цифровых данных с компьютера.

Ставилась задача определить, каким образом эффекты дисперсии повлияют на качество приёма информации. Для этого была произведена серия численных экспериментов, в ходе которых вычислялись следующие величины [2]:

$$B = \frac{\sum_n P(n\Delta t) P_0(n\Delta t)}{\sum_n P_0^2(n\Delta t)}, \quad D = \frac{\sum_n P^2(n\Delta t)}{\sum_n P_0^2(n\Delta t)}.$$

Эти функционалы определяют меру схожести не зашумлённого сигнала, имеющего мощность  $P_0(t)$ , и восстановленного из шума сигнала, имеющего мощность  $P(t)$ . Чем ближе данные функционалы к единице, тем выше вероятность того, что принятый сигнал является фрактальным импульсом, который соответствует логической единице.

В ходе численных экспериментов было показано, что при наличии в световоде повышенной дисперсии, функционалы схожести могут принимать значения, меньшие, чем 0,5. Это может привести к тому, что при передаче логической единицы, очищенная от шума реализация будет воспринята как сигнал, соответствующий логическому нулю. Поэтому при повышенном значении дисперсии в линии передачи, необходимо соответствующим образом скорректировать выражения для величин  $B$  и  $D$ . Для этого мы должны за функцию  $P_0(t)$  принимать квадрат амплитуды диспергировавшего импульса. Было показано, что в случае указанной корректировки функционалы схожести  $B$  и  $D$  принимают значения, близкие к единице. Естественно, что такую коррекцию могут произвести только сами получатели секретной информации, так как только им известны параметры ВС. Напротив, злоумышленнику без дополнительной информации о коэффициенте дисперсии не удастся организовать эффективное считывание данных.

### Литература

- 1 Ермаков, О.Н. Прикладная оптоэлектроника / О.Н. Ермаков. - М.: Техносфера, 2004. – 416с.
- 2 Сухарев, Е.М. Информационная безопасность: методы шифрования / Е.М. Сухарев, Кн.7. – М.: Радиотехника, 2011. – 208с.
- 3 Болотов, В.Н. Генерирование сигналов с фрактальными спектрами / В.Н. Болотов, Ю.В. Ткач // Журнал технической физики. – 2006. – Т.76. - вып.4, с.91 – 98.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕКТРА УСИЛЕНИЯ МАНДЕЛЬШТАМА-БРИЛЛЮЭНА С ПОМОЩЬЮ ДВУХЧАСТОТНОГО ЗОНДИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*О.Г. Морозов<sup>1</sup>, Г.А. Морозов<sup>2</sup>, А.А. Талипов<sup>3</sup>, В.Г. Куприянов<sup>4</sup>*

<sup>1,2,3</sup> Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н. Туполева, microoil@mail.ru; nicpre@nm.ru; talipov.anvar@gmail.com;

<sup>4</sup> Москва, Государственный научно-исследовательский институт приборостроения)

### CHARACTERIZATION OF STIMULATED MANDELSTAM-BRILLOUIN SCATTERING SPECTRUM USING A DOUBLE-FREQUENCY PROBING RADIATION

*O.G. Morozov, G.A. Morozov, A.A. Talipov, V.G. Kupriyanov*

В работе представлен новый метод определения характеристик спектра усиления, вызванного эффектом вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ), в одномодовом оптическом волокне. Метод основан на использовании двухчастотного зондирующего излучения. Для преобразования комплексного спектра ВРМБ из оптической области в электрическую применяется однополосная модуляция. Нахождение характеризующего положения составляющих двухчастотного излучения в контуре усиления осуществляется через ко-